

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 5 K 3/46		6921-4E 6921-4E	H 0 5 K 3/46	N T

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-151900

(22) 出願日 平成7年(1995) 6月19日

(71) 出願人 000000158

イビデン株式会社

岐阜県大垣市神田町2丁目1番地

(72) 発明者 浅井 元雄

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1の1 イビデ
ン 株式会社大垣北工場内

(72) 発明者 川村 洋一郎

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1の1 イビデ
ン 株式会社大垣北工場内

(72) 発明者 森 要二

岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1の1 イビデ
ン 株式会社大垣北工場内

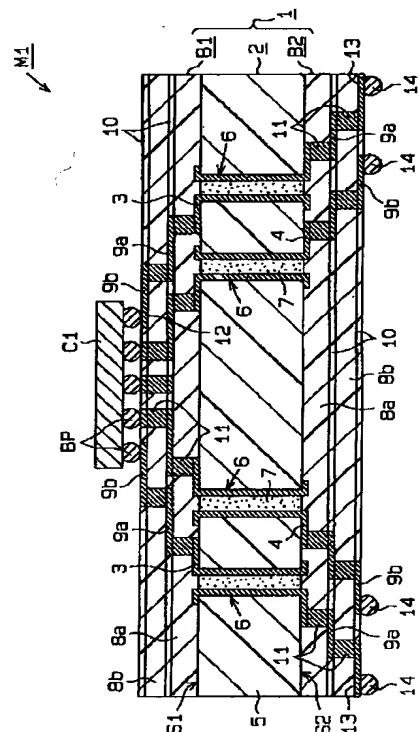
(74) 代理人 弁理士 恩田 博宣

(54) 【発明の名称】 電子部品搭載用基板

(57) 【要約】

【目的】 全体的大型化を回避しつつ配線効率を向上できる電子部品搭載用基板を提供する。

【構成】 第1のパッド群は、層間絶縁層8a、8b及び内層導体層9aを交互に積層してなるビルドアップ層B1の最外層に形成されている。ビルドアップ層B1の層間絶縁層8a、8bは、酸あるいは酸化剤に難溶性の感光性樹脂と、酸あるいは酸化剤に可溶性の耐熱性樹脂粒子とからなる。第1のパッド群を構成するパッド12と第2のパッド群を構成するパッド13とをつなぐ内層導体層9aは、層間絶縁層8a、8bに形成されたパイアホール11によって接続されつつ、基板外周部に向かって常に順方向にかつ遠心的に配線されている。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】表面側の中央部に密集した状態で形成された複数の接続端子からなる第1の接続端子群と、裏面側の外周部に形成された複数の接続端子からなる第2の接続端子群とが電氣的に接続されてなる電子部品搭載用基板において、

前記第1の接続端子群は、酸あるいは酸化剤に難溶性の感光性樹脂と酸あるいは酸化剤に可溶性の耐熱性樹脂粒子とからなる層間絶縁層及び内層導体層を交互に積層してなるビルドアップ層の最外層に形成されてなり、前記第1の接続端子群と前記第2の接続端子群とをつなぐ前記内層導体層は、前記層間絶縁層に形成されたバイアホールによって接続されつつ、基板外周部に向かって常に順方向にかつ遠心的に配線されてなる電子部品搭載用基板。

【請求項2】前記層間絶縁層は、酸あるいは酸化剤に難溶性であって熱硬化性樹脂を感光化した樹脂及び熱可塑性樹脂の複合樹脂と、酸あるいは酸化剤の可溶性の耐熱性樹脂粒子とからなる請求項1に記載の電子部品搭載用基板。

【請求項3】前記酸あるいは酸化剤に難溶性であって熱硬化性樹脂を感光化した樹脂は、エポキシアクリレート及び感光性ポリイミドから選択される少なくともいずれか1つの樹脂であり、前記熱可塑性樹脂は、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、フェノキシ樹脂及びポリエチレンのうちから選択される少なくともいずれか1つの樹脂である請求項2に記載の電子部品搭載用基板。

【請求項4】前記耐熱性樹脂粒子は、アミノ樹脂粒子及びエポキシ樹脂粒子のうちから選択される少なくともいずれか1つである請求項2または3に記載の電子部品搭載用基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、電子部品搭載用基板に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、フリップチップ等のようなベアチップや、BGA等のようなパッケージを搭載するためのプリント配線板として、例えば図3に示されるような電子部品搭載用基板21が知られている。

【0003】この種の電子部品搭載用基板21には、ベース基板22として、主にサブトラクティブ法によって形成された導体層を表裏に持つ両面板が使用される。ベース基板22の表面の中央部には、部品搭載用エリアが設けられている。同エリア内には、多数のパッド23からなる第1のパッド群が密集した状態で形成されている。前記各パッド23の形成位置は、電子部品であるベアチップC1の底面にある bumps BP の位置に対応している。一方、ベース基板22の裏面の外周部には、多数のパッド24からなる第2のパッド群が形成されてい

2

る。これらのパッド24上には、マザーボード側との接続を図るための突起電極として bumps 25 が形成されている。また、ベース基板22の外周部には、表裏を貫通する多数のスルーホール26が形成されている。これらのスルーホール26と表面側のパッド23とは、ベース基板22の表面に形成された導体パターン27を介して接続されている。また、スルーホール26と裏面側のパッド24とは、同様にベース基板22の裏面に形成された導体パターン28を介して接続されている。その結果、この電子部品搭載用基板21においては、第1のパッド群と第2のパッド群とが互いに電氣的に接続された状態となっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところが、従来の電子部品搭載用基板21の場合、図3に示されるように、表面側においていったん外周部まで引き出した配線を裏面側において再び中心方向に引き戻す、という構造になっている。従って、パッド23、24間を接続する配線が必要以上に長くなりやすく、配線効率が悪かった。また、このような電子部品搭載用基板21を用いた電子部品搭載装置では、高速化の達成が難しいという問題があった。

【0005】また、パッド23、24間を最短の配線長でつなぐためには、スルーホール26を基板外周部ではなく基板中央部に形成すればよいとも考えられる。しかし、この場合にはスルーホール26の形成面積分だけ配線不能なスペース（デッドスペース）ができてしまう。よって、配線可能なスペースを確保しようすると、全体の大型化が避けられないという事情があった。

【0006】本発明は上記の課題を解決するためなされたものであり、その目的は、全体の大型化を回避しつつ配線効率を向上させることができる電子部品搭載用基板を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するために、請求項1に記載の発明は、表面側の中央部に密集した状態で形成された複数の接続端子からなる第1の接続端子群と、裏面側の外周部に形成された複数の接続端子からなる第2の接続端子群とが電氣的に接続されてなる電子部品搭載用基板において、前記第1の接続端子群は、酸あるいは酸化剤に難溶性の感光性樹脂と酸あるいは酸化剤に可溶性の耐熱性樹脂粒子とからなる層間絶縁層及び内層導体層を交互に積層してなるビルドアップ層の最外層に形成されてなり、前記第1の接続端子群と前記第2の接続端子群とをつなぐ前記内層導体層は、前記層間絶縁層に形成されたバイアホールによって接続されつつ、基板外周部に向かって常に順方向にかつ遠心的に配線されてなる電子部品搭載用基板をその要旨とする。

【0008】請求項2に記載の発明は、請求項1において、前記層間絶縁層は、酸あるいは酸化剤に難溶性であ

10

20

30

40

50

って熱硬化性樹脂を感光化した樹脂及び熱可塑性樹脂の複合樹脂と、酸あるいは酸化剤の可溶性の耐熱性樹脂粒子とからなることをその要旨とする。

【0009】請求項3に記載の発明は、請求項2において、前記酸あるいは酸化剤に難溶性であって熱硬化性樹脂を感光化した樹脂は、エポキシアクリレート及び感光性ポリイミドから選択される少なくともいずれか1つの樹脂であり、前記熱可塑性樹脂は、ポリエーテルスルホン、ポリスルホン、フェノキシ樹脂及びポリエチレンのうちから選択される少なくともいずれか1つの樹脂であることをその要旨とする。

【0010】請求項4に記載の発明は、請求項2または3において、前記耐熱性樹脂粒子は、アミノ樹脂粒子及びエポキシ樹脂粒子のうちから選択される少なくともいずれか1つであることをその要旨とする。

【0011】

【作用】請求項1～4に記載の発明によると、配線を引き戻すことがない分だけ、第1及び第2の接続端子間を接続する配線の長さが短くなる。また、層間絶縁層中には耐熱性樹脂粒子が含まれていることから、露光時に光の散乱が起こりやすくなる。そのため、アスペクト比の高いパイアホールであっても、その形成時に現像残りが生じにくくなる。よって、小径のパイアホールを容易にかつ確実に形成することができる。それゆえ、パイアホールを配線が密集する中央部に形成できるため、このパイアホールを介して配線を中央部から外周部へと順方向に配置でき、配線を引き戻すことがない分だけ、第1及び第2の接続端子間の配線長が短くなる。

【0012】

【実施例】以下、本発明を具体化した一実施例を図1に基づき詳細に説明する。この電子部品搭載用基板1では、ベース基板として両面板2が使用されている。この両面板2は、サブトラクティブ法によって形成された導体層3、4を樹脂製の基材5の表面S1及び裏面S2の両方に有している。この両面板2には、全面にわたって、導体層3、4間の導通を図るためのスルーホール6が形成されている。これらのスルーホール6内には、銅などの金属粉末を含む導電性樹脂7等が充填されている。

【0013】ベース基板である両面板2の表面S1及び裏面S2には、層間絶縁層8a、8bと導体層9a、9bとを交互に積層してなるビルドアップ層B1、B2がそれぞれ形成されている。

【0014】表面S1側に形成されたビルドアップ層B1において、内層に位置する第1の層間絶縁層8aの上には、永久レジスト10が形成されている。この永久レジスト10が形成されていない部分には、内層導体層9aが形成されている。そして、この内層導体層9aと両面板2側の内層導体層3とは、第1の層間絶縁層8aに設けられたパイアホール11によって電気的に接続さ

れている。また、前記層間絶縁層8aに設けられた第2の層間絶縁層8b上にも、同様に永久レジスト10が形成されている。この永久レジスト10が形成されていない部分には、外層導体層9bが形成されている。そして、この外層導体層9bと内層導体層9aとは、第2の層間絶縁層8bに設けられたパイアホール11によって電気的に接続されている。また、第2の層間絶縁層8bの中央部は、電子部品としてのLSIのベアチップC1を搭載するための部品搭載エリアになっている。このエリア内には、接続端子としての多数のパッド12からなる第1のパッド群が密集した状態で形成されている。なお、これらのパッド12の位置は、ベアチップC1の底面に形成されたバンプBPの形成位置に対応している。

【0015】表面S2側に形成されたビルドアップ層B2において、内層に位置する第1の層間絶縁層8a上には、永久レジスト10が形成されている。この永久レジスト10が形成されていない部分には、内層導体層9aが形成されている。そして、この内層導体層9aと両面板2側の内層導体層4とは、第1の層間絶縁層8aに設けられたパイアホール11によって電気的に接続されている。また、前記層間絶縁層8aに設けられた第2の層間絶縁層8b上にも、同様に永久レジスト10が形成されている。この永久レジスト10が形成されていない部分には、外層導体層9bが形成されている。そして、この外層導体層9bと内層導体層9aとは、第2の層間絶縁層8bに設けられたパイアホール11によって電気的に接続されている。また、第2の層間絶縁層8bの外周部には、接続端子としての多数のパッド13からなる第2のパッド群が形成されている。これらのパッド13上には、図示しないマザーボード側との電気的な接続を図るための突起電極としてバンプ14が形成されている。

【0016】この電子部品搭載用基板1において、第1のパッド群を構成するパッド12は、外層導体層9b、パイアホール11、内層導体層9a、パイアホール11及び内層導体層3を介してスルーホール6に接続されている。そして、同スルーホール6に接続される内層導体層4は、パイアホール11、内層導体層9a、パイアホール11及び外層導体層9bを介して第2のパッド群を構成するパッド13に接続されている。また、内層導体層3、4、9a及び外層導体層9bは、パイアホール11によって接続されつつ、基板外周部に向かって常に順方向にかつ遠心的に配線されている。なお、前記パッド12、13のうちの一部のものについては、外層導体層9bに接続されることなく、パイアホール11の上面にじかに接続されていてもよい。また、第1の層間絶縁層8a内のパイアホール11及び第2の層間絶縁層8b内のパイアホール11は、直列に配置されていてもよい。

【0017】ここで、ビルドアップ層B1、B2を構成する層間絶縁層8a、8bは、酸あるいは酸化剤に難溶性の感光性樹脂と、酸あるいは酸化剤に可溶性の耐熱性

樹脂粒子とからなることが必要である。その理由は、耐熱性樹脂粒子が含まれていると露光時に光の散乱が起りやすく、よってアスペクト比の高いバイアホール11であってもその形成時に現像残りが生じにくくなるからである。なお、単なる感光性樹脂を使用した場合には、小径（直径約80 μ m以下）のバイアホール11を形成することが困難になる。

【0018】前記層間絶縁層8a、8bは、酸あるいは酸化剤に難溶性であって熱硬化性樹脂を感光化した樹脂及び熱可塑性樹脂の複合樹脂と、酸あるいは酸化剤の可溶性の耐熱性樹脂粒子とからなることが好ましい。その理由は、層間剤と銅めっきとの密着性を向上させるためのアンカーを形成するためである。なお、ここでいう酸あるいは酸化剤とは、例えば表面粗化工程において使用されるクロム酸、クロム酸塩、過マンガン塩等を指す。

【0019】前記酸あるいは酸化剤に難溶性であって熱硬化性樹脂を感光化した樹脂は、エポキシアクリレート及び感光性ポリイミド（感光性PI）から選択される少なくともいずれか1つの樹脂であることが好ましい。その理由は、高耐熱、高強度を有するからである。

【0020】前記熱可塑性樹脂は、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリスルホン（PSF）、フェノキシ樹脂及びポリエチレン（PE）のうちから選択される少なくともいずれか1つの樹脂であることが好ましい。その理由は、前記熱硬化性樹脂の特性を保持したまま、高Tg、高弾性率を付与することができるためである。

【0021】前記耐熱性樹脂粒子は、アミノ樹脂粒子及びエポキシ樹脂（EP樹脂）粒子のうちから選択される少なくともいずれか1つであることが好ましい。その理由は、層間絶縁層の特性を劣化させないことである。なお、アミン系硬化剤で硬化したエポキシ樹脂はヒドロキシエーテル構造を持っていることから、この樹脂からなる粒子は特に溶けやすいという有利な性質を有する。また、アミノ樹脂粒子としては、例えばメラミン樹脂、尿素樹脂、グアナミン樹脂等が選択可能である。なかでも、メラミン樹脂を選択することが、電気特性、PCT、HHBT特性が良好になるという点において好ましい。

【0022】前記耐熱性樹脂粒子の粒子径は10 μ m以下であることがよい。その理由は、層間膜厚を薄くでき、またファインパターンの形成ができるからである。なお、耐熱性樹脂粒子の形状としては、真球状、破砕片、凝集粒子など種々のものを選択することができる。

【0023】このような構成の電子部品搭載用基板1は、例えば以下のような手順を経ることによって作製することができる。層間絶縁層8a、8bを形成するためのアディティブ用接着剤の調製方法は、以下の通りである。クレゾールノボラック型エポキシ樹脂のエポキシ基の25%をアクリル化した感光性付与のオリゴマー（CNA25、分子量4000）、PES（分子量1700

0）、イミダゾール硬化剤（四国化成製、商品名：2B4MZ-CN）、感光性モノマーであるトリメチルトリアクリレート（TMP TA）、光開始剤（チバガイギー製、商品名：I-907）を用い、下記組成でDMFを用いて混合し、さらにこの混合物に対してエポキシ樹脂粉末（東レ製、商品名：トレパールEP-B）を平均粒径5.5 μ mのものを20重量部、平均粒径0.5 μ mのものを10重量部を混合した後、ホモディスパー攪拌機で粘度120cpsに調整し、続いて3本ロールで混練することによって、アディティブ用接着剤とする。次いで、この接着剤を両面板2の両面全体に塗布した後、80℃で乾燥を行い、さらにUV硬化及び熱硬化を行う。その結果、まず第1の層間絶縁層8aが形成される。

【0024】次に、この第1の層間絶縁層8aの表面をクロム酸等の粗化剤で処理することによって、多数のアンカー用凹部を備える粗化面を形成する。この後、常法に従って触媒核付与、永久レジスト10の形成、活性化処理及び無電解銅めっきを行うことによって、内層導体層9a及びバイアホール11を形成する。

20 【0025】さらに、同じアディティブ用接着剤を両面に塗布・硬化することにより、第2の層間絶縁層8bを形成する。次いで、得られた第2の層間絶縁層8bの表面を粗化剤で処理することによって、粗化面を形成する。この後、触媒核付与、永久レジスト10の形成、活性化処理及び無電解銅めっきを行い、所定部分に外層導体層9b、パッド12、13及びバイアホール11を形成する。以上の工程を経ると、所望の電子部品搭載用基板1が完成する。そして、このようにして得られた電子部品搭載用基板1上にベアチップC1を搭載すれば、図1のような電子部品搭載装置M1を得ることができる。

30 【0026】さて、本実施例においては、パッド12、13間をつなぐ内層導体層3、4、9b及び外層導体層9bが、バイアホール11によって接続されつつ基板外周部に向かって常に順方向にかつ遠心的に配線されている。従って、いったん外周部まで引き出した配線を再び中心方向に引き戻す、という従来の構造とは異なっている（図3参照）。従って、このような配線の引き戻しがない分だけ、パッド12、13間を接続する配線の長さが短くなり、配線効率も確実に向上する。このため、処理速度の速い電子部品搭載装置M1を実現することができる。

40 【0027】また、本実施例では、ビルドアップ層B1、B2を構成する層間絶縁層8a、8bの形成において、酸等に難溶性の感光性樹脂と酸等に可溶性の耐熱性樹脂粒子とからなるアディティブ用接着剤が使用されている。そのため、露光時にバイアホール形成用凹部の底面に現像残りが生じにくい。よって、従来よりも小径のバイアホール11を容易にかつ確実に形成することができる。勿論、アディティブ法によって形成される導体層9a、9bは、従来のサブトラクティブ法に従って形成

されるものに比べてファインなものになる。即ち、前記のような構成は、電子部品搭載用基板1の小型化にとって極めて好都合である。

【0028】さらに、この電子部品搭載用基板1では、両面板2の導体層3、4ばかりでなく、ビルドアップ層B1、B2の導体層9a、9bにも配線が形成されているという特徴がある。このため、両面板2にスルーホール6があったとしても、配線に特に悪影響を及ぼすものではなく、従来のように配線可能なスペースを確保する必要もなくなる。このことは、電子部品搭載用基板1の大型化を確実に回避できることを意味する。

【0029】そして、この電子部品搭載用基板1では、表面S1及び裏面S2にほぼ同じ厚さのビルドアップ層B1、B2が設けられている。このため、両面板2の両側に付加する応力の大きさがほぼ等しくなり、結果として応力が互いに相殺されやすくなる。よって、反りにくい電子部品搭載用基板1を実現することができる。

【0030】なお、本発明は例えば次のように変更することが可能である。

(1) 図2には、別例の電子部品搭載用基板18上にベアチップC1を搭載してなる電子部品搭載装置M2が示されている。この電子部品搭載用基板18では、表面S1側だけに3層構造のビルドアップ層B3が設けられている。一方、第2のパッド群を構成するパッド13は、裏面S2側に形成された導体層4に接続されている。そして、裏面S2側の導体層4は、全体的にソルダーレジスト19によって被覆されている。このような構成であっても、実施例と同様の作用効果を奏する。

【0031】(2) ビルドアップ層B1～B3の積層数(層間絶縁層8a、8bの層数)は2層または3層に限定されることはなく、1層のみまたは4層、5層、6層、7層、8層…であってもよい。また、表面S1側の積層数及び裏面S2側の積層数は、必ずしも同一でなくてもよい。

【0032】(3) ベース基板として両面板2を使用した実施例に代え、4層板、5層板、6層板、7層板、8層板等の多層板を使用してもよい。なお、低コスト化を優先したい場合には両面板2を選択することが有利であり、さらなる高密度化・小型化を達成したい場合には多層板を選択することが有利である。

【0033】(4) 第2の接続端子群を構成するパッド13上には、実施例のバンプ14に代えてピン等を設けることが可能である。また、バンプ14もピンも設けない構成とすることも勿論可能である。

【0034】(5) 部品搭載エリアは実施例のように1つのみであってもよく、または複数であってもよい。

(6) 第2のパッド群を構成するパッド13は、裏面S2側のビルドアップ層B2の全体にわたって設けられていてもよい。この構成であると、より多くのパッド13を配置することができる。

【0035】(7) ビルドアップ層B1～B3を構成する導体層9a、9bは、無電解銅めっき以外の金属めっき(例えば、無電解ニッケルめっきや無電解金めっきなど)であってもよい。また、めっきのような化学的成膜方法によって形成される金属層に代え、例えばスパッタリング等の物理的薄膜方法によって形成される金属層を選択することも可能である。

【0036】(8) 電子部品搭載用基板1上に搭載される電子部品は、実施例のベアチップ2のほかに、例えばBGA、QFN、ショートピンを持つPGA等の半導体パッケージであってもよい。

【0037】(9) 熱硬化性樹脂を感光化した樹脂、熱可塑性樹脂及び耐熱性樹脂の組み合わせ(R1+R2+R3)は、実施例の組み合わせ以外にも、以下に列挙されるようなものであってもよい。即ち、R1+R2+R3=エポキシアクリレート+PES+アミノ樹脂、エポキシアクリレート+PSF+EP、エポキシアクリレート+フェノキシ樹脂+EP、エポキシアクリレート+PE+アミノ樹脂、エポキシアクリレート+PES+アミノ樹脂及びEP、エポキシアクリレート+PSF+アミノ樹脂及びEP、エポキシアクリレート+フェノキシ樹脂+アミノ樹脂及びEP、エポキシアクリレート+PE+アミノ樹脂及びEP、感光性PI+PES+EP、感光性PI+PES+アミノ樹脂、感光性PI+PSF+EP、感光性PI+フェノキシ樹脂+EP、感光性PI+PE+EP、感光性PI+PSF+アミノ樹脂、感光性PI+フェノキシ樹脂+アミノ樹脂、感光性PI+PE+アミノ樹脂、感光性PI+PES+アミノ樹脂及びEP、感光性PI+PSF+アミノ樹脂及びEP、感光性PI+フェノキシ樹脂+アミノ樹脂及びEP、感光性PI+PE+アミノ樹脂及びEP、エポキシアクリレート及び感光性PI+PES+アミノ樹脂、エポキシアクリレート及び感光性PI+PSF+EP、エポキシアクリレート及び感光性PI+フェノキシ樹脂+EP、エポキシアクリレート及び感光性PI+PE+EP、エポキシアクリレート及び感光性PI+PSF+アミノ樹脂、エポキシアクリレート及び感光性PI+フェノキシ樹脂+アミノ樹脂及びEP、エポキシアクリレート及び感光性PI+PE+アミノ樹脂及びEP。勿論、ここに列挙されなかったその他の可能な組み合わせであっても許容される。

【0038】ここで、特許請求の範囲に記載された技術的思想のほかに、前述した実施例及び別例によって把握

される技術的思想をその効果とともに以下に列挙する。

(1) 請求項1～3のいずれかにおいて、前記ビルドアップ層はベース基板の両面に設けられていること。この構成であると、より配線効率を向上できかつ反りが生じにくくなる。

【0039】(2) 請求項1において、前記層間絶縁層は、25%アクリル化したエポキシアクリレート、PES、エポキシ樹脂粒子(5.5 μ m及び0.5 μ mの混合物)及び感光性モノマーからなること。この構成であると、よりいっそう配線効率を向上できる。

【0040】(3) 技術的思想(2)において、エポキシ樹脂粒子をメラミン樹脂粒子に代えたこと。この構成であると、よりいっそう配線効率を向上できる。なお、本明細書中において使用した技術用語を次のように定義する。

【0041】「酸あるいは酸化剤：表面粗化工程において使用されるクロム酸、クロム酸塩、過マンガン塩、塩酸、リン酸、ギ酸、硫酸、フッ酸等を指す。」

*【0042】

【発明の効果】以上詳述したように、請求項1～4に記載の発明によれば、全体の大型化を回避しつつ配線効率を向上させることができる電子部品搭載用基板を提供することができる。特に、請求項2～4に記載の発明によれば、全体の大型化をより確実に回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例の電子部品搭載用基板を示す概略断面図。

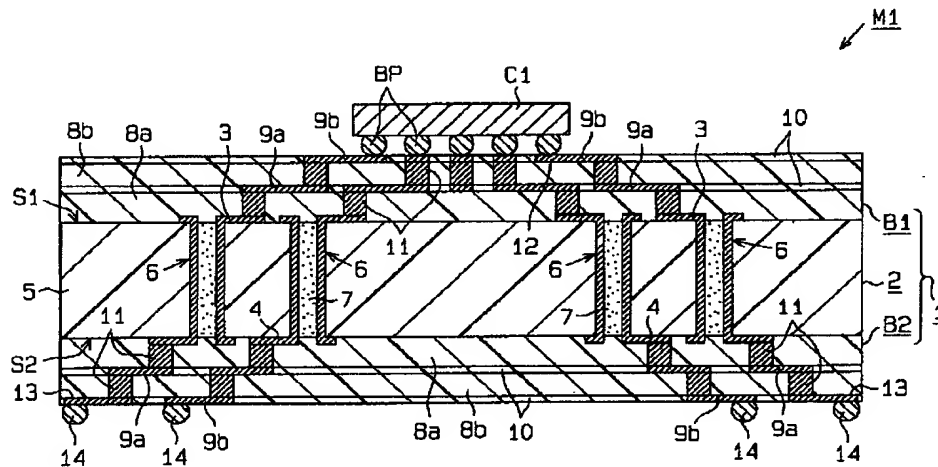
【図2】別例の電子部品搭載用基板を示す概略断面図。

【図3】従来例の電子部品搭載用基板を示す概略断面図。

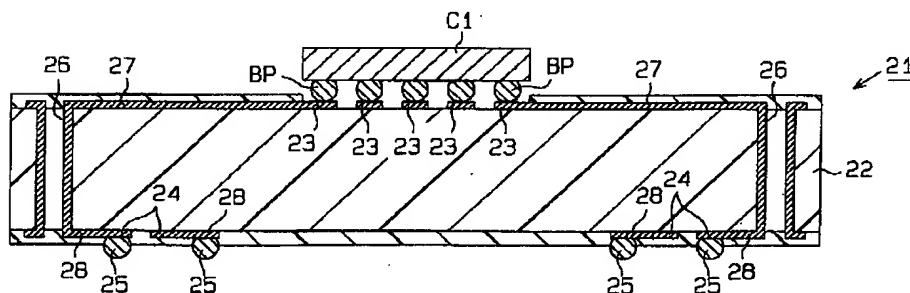
【符号の説明】

1, 18…電子部品搭載用基板、8a, 8b…層間絶縁層、9a…内層導体層、11…パイアホール、12, 13…接続端子としてのパッド、S1…表面、S2…裏面、B1, B2, B3…ビルドアップ層。

【図1】



【図3】



M2

